

FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y DIDÁCTICOS

EL ORIGEN DE LAS MONTAÑAS. I. DEL MITO Y LA SUPERSTICIÓN AL NEPTUNISMO.

The mountain-building. I. From myth and superstition to Neptunism.

Cándido Manuel García Cruz*

RESUMEN

Se realiza una aproximación histórica y didáctica de las teorías sobre el origen de las montañas como recurso para estudiar algunos obstáculos epistemológicos que han tenido una notable influencia en el desarrollo de la geología. En esta primera parte de un trabajo más extenso se analiza desde el pensamiento mítico hasta la filosofía neptunista, pasando por el organicismo, las primeras clasificaciones de las montañas, y el permanentismo de la Física Sagrada, con sus contradicciones e incoherencias, ajenos totalmente a los modelos racionales de la ciencia geológica.

ABSTRACT

An historical and didactic approach is made of the theories concerning the mountain building as a resource to study some epistemological obstacles which have had a marked influence on the development of geology. In this first part of a longer work, the ideas from the mythical thinking to Neptunism are analyzed, through the organicism, the first classification of mountains, and the permanentism of the Sacred Physics, with its contradictions and incoherencies, beyond completely the rational models of geology.

Palabras clave: origen de las montañas, historia de la geología, obstáculos epistemológicos, geomitología, permanentismo, organicismo, neptunismo, clasificación de las montañas.

Keywords: mountain building, history of geology, epistemological obstacles, geom mythology, permanentism, organicism, neptunism, classification of mountains.

INTRODUCCIÓN

Las montañas representan una parte esencial de la fisiografía del globo, y la ciencia geológica actual reconoce en ellas unos elementos fundamentales para comprender la dinámica de la corteza terrestre. Desde la antigüedad han jugado un papel relevante para muchas culturas y civilizaciones, bien como lugares de retiro y paraísos del conocimiento y la sabiduría, bien en un plano místico del que se deriva un carácter sagrado, con multitud de ejemplos a lo largo y ancho del planeta, como el monte *Meru* de los hindúes, el *Olimpo* griego, *Alborj* para los persas, *Iztaccíhuatl* de los aztecas, la montaña de *Qaf* en la tradición árabe, el monte *Kailas* para hindúes y tibetanos, *Chuscha* y *Aconcagua*, dos de las montañas más representativas de la cultura inca, *Koya* y *Fuji* para los japoneses, el monte *Sinai*, entre otros muchos, para la tradición judeo-cristiana, *Uluru* de los aborígenes australianos, *Tai Shan* y *Jiuhua Shan* para los taoístas y budistas chinos, respectivamente, que se reparten la gran mayoría de las montañas del país como sagradas...

Sin embargo, el interés en la interpretación de su origen no ha tenido paralelamente el mismo grado de implicación a lo largo de la historia. En algunas ocasiones porque no existía un pensamiento racional que alcanzase al mundo natural y bastaban los mitos; otras veces, y desde una perspectiva del cristianismo, debido a que la superstición y las conjeturas de tipo religioso no propiciaban la observación, con flagrantes intentos por parte de las autoridades religiosas de desviar este tipo de estudios puesto que las *Sagradas Escrituras* tenían más peso que el llamado *Libro de la Naturaleza*, siempre bajo la actitud bastante dogmática de que la filosofía natural, *por razones obvias*, no ayudaba a la salvación, cuando no porque era más que suficiente la fe en la autoridad de los *Antiguos*. Durante cientos de años, y muy especialmente en el s. XVI, se estaba convencido de que la *Parusía* y el Fin de los Tiempos estaba próximo y por lo tanto no merecía la pena el estudio del mundo natural. Hasta la modernización de la ciencia geológica a partir del s. XVIII es difícil encontrar explicaciones etiológicas sobre las cordilleras que se puedan definir como racionales,

* I.E.S. Barranco Las Lajas, c/ Las Abiertas s/n, Agua García, 38355 Tacoronte, Santa Cruz de Tenerife. Miembro de INHIGEO. Correo electrónico: cgarcru@gobiernodecanarias.org.

aunque en casos aislados podemos vislumbrar algún intento en este sentido. Hay que aclarar que por *racionalidad* no nos referimos a los principios heredados del Positivismo Lógico en el marco de una metodología científica que permite justificar experimentalmente el conocimiento. Estamos hablando de una serie de modelos mentales donde no tienen cabida los acontecimientos *imposibles* basados en causas *extraordinarias*, en seres *sobrenaturales*, en analogías *especulativas* y *teleológicas*, aunque, por razones muy diversas, en las distintas etapas socio-culturales en que se dieron dichos modelos no se dispusiera de unos métodos científicos equiparables a los utilizados en épocas posteriores.

En este trabajo se abordará una síntesis histórica sobre el origen de las montañas. Hacemos hincapié una vez más en que los estudios históricos constituyen, de acuerdo con Hallam (1983, p. vii), una *necesidad básica* para llegar a comprender de qué forma y en qué medida el ser humano ha reflexionado sobre la realidad natural del mundo que lo rodea. Tendremos, además, en cuenta un postulado historiográfico básico: el interés en la historia de las ciencias no reside en el hecho de que el *pasado* sea, o pueda ser, considerado un *instrumento* para explicar el *presente*, sobreentendiendo que éste es más veraz y relevante, más fiable y meritorio, más real y mejor fundamentado. El interés en el pasado estriba en que éste posee un *valor intrínseco* que lo hace fascinante por sí mismo, independientemente de los derroteros históricos por donde haya transcurrido un tiempo futuro en relación con aquél hasta alcanzar un tiempo presente. El atractivo de la historia de las ciencias se debe a que nos permite comprender el origen de las ideas, la diversidad en los modos de pensamiento, sus cambios y sus transformaciones, y la forma en que han evolucionado a lo largo del desarrollo de la humanidad. Nos aproximaremos, pues, al pasado de las teorías orogénicas por lo que fueron en sí mismas, sin que se pretenda vislumbrar el momento presente sobre la base de ideas antiguas. En otras palabras, no vamos a aplicar aquí un criterio de demarcación popperiano, *sensu stricto*, a pesar de que evidentemente determinados enunciados, desde la perspectiva actual, entren en conflicto con las observaciones posibles o concebibles.

La historia de las ciencias, como fuente de información sobre la evolución del conocimiento, nos ayuda a comprender perfectamente el hecho de que la ciencia es una *actividad humana*, una *construcción social*. Esto nos sirve como argumento a favor de que la ciencia no es tan *aséptica* como se pueda suponer (o desear). En las ciencias existe un conjunto de *factores sociales* que configuran un *marco ideológico* en el que se elaboran los diseños experimentales, donde se plantean las líneas que deben regir las observaciones, y condiciona inevitablemente las conclusiones que se pueden extraer a partir de aquéllas. Se trata, así, de un excelente recurso para reco-

nocer los *obstáculos epistemológicos* que han limitado el desarrollo de una determinada disciplina y que tendrán su traducción como *conceptos estructurantes* en el campo de la didáctica. Ya se ha llamado la atención sobre esto en el caso de las Ciencias de la Tierra, y se han identificado ideas importantes que, actuando como obstáculos, han marcado el rumbo del conocimiento en su vertiente epistemológica y en relación con la enseñanza-aprendizaje de la Geología (Pedrinaci, 1993a,b, 1994, 2000, 2001, cap. 3; Gohau, 1995; Lillo Beviá, 1996; García Cruz, 1998, 1999, 2001; Adúriz-Bravo, 2001a,b; Sequeiros y Anguita, 2003)¹. A través de la historia de las diferentes teorías orogénicas, en tanto que pertenecen a patrones ideológicos bien definidos y más o menos rigurosos donde se intenta explicar todo lo relacionado con el origen de las montañas, es posible analizar algunos aspectos conceptuales que ya han sido abordados en más de una ocasión como obstáculos fundamentales a lo largo del desarrollo de la ciencia geológica.

La aproximación histórica a las teorías orogénicas es una tarea que requiere un trabajo muy extenso. Por eso lo hemos dividido en tres partes: en este primer artículo se abarcarán los aspectos míticos sobre las montañas, su naturaleza y su origen. Esto nada tiene que ver con esos *geomitos actuales* señalados, entre otros autores, por Armstrong (1991) y Dickinson (2003), y que bien merecerían, por otro lado, una revisión didáctica; tampoco entraremos en la discusión de Gould (1987) sobre el tiempo geológico, o en el carácter *inventivo* en las geociencias al que se refiere Kennedy (2006) en relación con la geomorfología. Está más bien ligado a los mitos estudiados hace décadas por el filósofo e historiador de las religiones rumano Mircea Eliade (1907?1986) como *realidades culturales complejas*, que constituyen «historias verdaderas» en sociedades arcaicas (y naturales), y que por poseer un cierto grado de *sacralidad* son además *ejemplares* y *significativas* (Eliade, 1963). Algunos de estos mitos también habían sido considerados por Andrew D. White (1832-1918) a finales del s. XIX en su obra sobre el enfrentamiento de la ciencia y la teología (White, 1896, cap. xviii, pp. 421-446). Nos referiremos, pues, al pensamiento mítico de civilizaciones antiguas así como a ideas arraigadas en el folclore, en leyendas poéticas, pasando también por las conjeturas del organicismo, el permanentismo y el diluvialismo de la Física Sagrada, hasta llegar al neptunismo y a las primeras clasificaciones que se hicieron de las montañas. Se ha preferido un enfoque temático, más que la tópica clasificación en teorías atectónicas y tectónicas, y dentro de cada apartado se sigue un desarrollo cronológico. Dejaremos para una segunda parte todo lo que tiene que ver con auténticas deformaciones de la superficie terrestre, y en un tercer artículo se hará una propuesta didáctica.

(1) Véase además dos monográficos sobre *conceptos y obstáculos en geología* en las revistas *Aster* (vol. 20, 1995), y *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (vol. 4, Nº 1, 1996).

LA FORMACIÓN DE LAS MONTAÑAS: DE LA MITOLOGÍA AL NEPTUNISMO

Antes de entrar de lleno en las distintas ideas sobre el origen de las montañas, conviene recordar que tres siglos antes de que Gaston Bachelard (1884–1962) formulara en los años 1930 su teoría sobre el *espíritu científico* en la que exponía los conceptos de *obstáculos*, *rupturas* y *actos* epistemológicos, Francis Bacon (1561–1626), Barón de Verulam, había sentado las bases del *nuevo instrumento* que debía guiar la construcción de la filosofía experimental. Aunque no todas las orientaciones baconianas han sido *positivas* para el desarrollo de la ciencia, sí es preciso destacar, por un lado, sus alegatos en contra del viejo *organon* aristotélico y de sus *postulados teleológicos*, y por otro, su firme negativa a concederle un valor intrínseco a la *imaginación*, a la *intuición* y al *sentido común* como fuentes de conocimiento. Todos ellos conformaban, según el filósofo británico, una parte esencial de esa *superstición* que «invadida por la Teología» corrompía la filosofía y constituía el peor de todos los *azotes*, tanto para el sistema en su conjunto como para sus diversas partes (Bacon, 1620, Libro 1, §65, p. 54). No es posible sostener, como afirmaba también Goethe, que la imaginación en el campo de la ciencia era uno de los *enemigos interiores del hombre*, y seguir negando, como se ha hecho en numerosas ocasiones, el poder y el valor de la imaginación en el desarrollo de las ciencias, y en concreto para la geología. Pero la epistemología sí reconoce en la intuición y en el sentido común precisamente dos de las fuentes más importantes de obstáculos.

Como veremos, existen algunos aspectos interesantes en relación con el origen de las montañas que pueden llegar a enriquecer nuestra forma de ver el Planeta Tierra a través de mitos, leyendas y relatos poéticos que constituyen una parte importante de la cultura universal. Las primeras ideas que vamos a examinar pertenecen esencialmente a este carácter mítico y a la superstición, y son fruto de la imaginación del hombre antiguo, de su poder creativo. Tienen, pues, un origen primitivo, y están, de una forma u otra, en las raíces de todas las religiones. Para Sengör (2001, p. 3), éstas han dotado a la historia de un pensamiento *no actualístico*, puesto que los acontecimientos infrecuentes se convierten en hechos recurrentes bajo la forma de fenómenos cíclicos. Asimismo, han eliminado de la memoria colectiva los acontecimientos cotidianos, condensando en entidades mitológicas sobrenaturales lo que pudieron haber sido en un pasado remoto acontecimientos y personalidades inusuales. Hay que tener en cuenta que los mitos revelan *qué* ha ocurrido, pero no suelen explicar *cómo* han sucedido las co-

sas, y cuando lo hacen es a través del poder omnímodo de seres sobrenaturales mediante una actividad creadora en tiempos primordiales. Tal comprensión no es imprescindible, como tampoco resulta necesaria culturalmente, para penetrar en los relatos míticos. ¡Basta con recordarlos periódicamente a través de rituales!

Estas explicaciones quedan, pues, al margen de las etapas más racionales del pensamiento geológico, y no es posible, por ende, definir las como *procesos orogénicos*. No obstante, como ya señalara Karl Popper (1902–1994) en su obra *Conjeturas y Refutaciones*, los mitos están en la base de cualquier aproximación científica que se ha hecho a lo largo de la historia sobre el mundo que nos rodea, y pueden, además, anticiparse de forma sustantiva a lo que con el tiempo llegarán a ser nuevas teorías o nuevas verdades científicas (Popper, 1963, p. 63). Son, por tanto, una importante fuente de conceptos estructurantes, estimulan la investigación y abren nuevas perspectivas en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje. En última instancia, ésta es esencialmente nuestra intención con esta aproximación histórica.

Entre la magia, gigantes, dioses y semidioses

A lo largo de la historia se ha considerado que las montañas han surgido de ambientes acuáticos, bien por retirada de las aguas como consecuencia de una reordenación divina de la materia o en relación con un proceso físico como la evaporación, bien por el plegamiento de los materiales sedimentarios allí depositados. Es muy probable que las ideas más antiguas en este sentido tengan su origen en el reconocimiento de la existencia de fósiles marinos en la cima de las montañas, aunque en la gran mayoría de las ocasiones no está explícito en los textos correspondientes. Asimismo, el folclore geomitológico, cuyo estudio ha tenido un cierto auge en los últimos años (Vitaliano, 1968, 1973; Tepper, 1999; Barber y Barber, 2004²; Krajick, 2005; Sequeira Fernandes, 2005; Piccardi y Masse, 2007), nos presenta el origen de muchas características del paisaje en relación con dioses o semidioses. Veremos en los párrafos que siguen algunos ejemplos representativos, y empezaremos por los mitos cosmogónicos.

En el *Enuma elish* (1.5), poema babilónico de la creación (*ca.* s. XI a.C.), así como en la *Biblia* judéo-cristiana (Génesis 1, 9–10), se plantea de una forma simple que, partiendo de un *caos acuático*, las aguas *se juntaron* y *se separaron así de lo seco*; aunque no se habla expresamente de las montañas, el relato bíblico indica que sus *raíces*, hasta donde habría llegado el profeta Jonás, se encuentran en el mar (Jonás 2, 7)³. El *Zend-Avesta* de los persas

(2) Esta obra trata la mitología en un sentido amplio, y contiene numerosas e interesantes referencias a los geomitos, incluyendo los aspectos cosmogónicos, los terremotos, la actividad volcánica y las montañas.

(3) La cita exacta de Jonás (2, 7) dice: “He descendido hasta las raíces de los montes” (versión yavítica de la Vulgata Latina). En la edición de la Biblioteca de Autores Cristianos (versión sacerdotal) figura como “Había bajado ya a las bocas del Hades”, con un sentido más bien de interpretación teológica en referencia tanto al dios del inframundo de los muertos como a su morada según la mitología griega.

atribuido a Zaratustra (ca. 628–551 a.C.), señala al dios Ahura Mazda como hacedor de todas las montañas como «asientos de la santa felicidad» (2ª parte, Sîrôzah I, 28.Zemyâd; Müller, 1882, p. 11). En el *Poema de Gilgamesh*, una de las grandes epopeyas de la antigüedad sumeria (ca. 2500 a.C.), se atribuye a este rey de Uruk, entre otras hazañas, la de ser «abridor de los desfiladeros de las montañas» (I.1.36), aunque no está del todo claro si fue más como *explorador* o como *agente geológico*.

Hesíodo (ca. s. VIII a.C.), en su *Teogonía*, refiere que *Gea*, la Madre Tierra, sin contar con el *grato comercio*, «también dio a luz las grandes Montañas» (p. 76), los *ourea* –término del que deriva *orogénesis*–, en forma de dioses primordiales de las montañas, entre ellos los montes Athos, Olimpo y Etna. Asimismo Ovidio (43 a.C.–17 d.C.), en las *Metamorfosis* (ca. 1–8 d.C.), relata que el mismo dios que ordenó y dividió la masa, «quienquiera que fuera», también *ordenó* que «se hundieran los valles, ...y se elevaran los montes pedregosos» (Libro I.43–44). Y entre los nativos norteamericanos, Begochiddy, dios de los Navajos, hizo las montañas *en todas las direcciones* de los *cuatro mundos* que había creado sucesivamente (Klah, 1942, pp. 39–51; Levy, 1998, pp. 54–57).

En la Primera Parte del *Popol Vuh*, libro sagrado de los mayas quichés, se indica expresamente que las cadenas montañosas surgieron de las aguas, si bien es cierto que el *fenómeno* en cuestión emana directamente de un *prodigio*, del *arte de la magia* (cap. 1, p. 24). Más adelante se especifica que tanto la Tierra como los valles y las grandes montañas fueron hechas en una sola noche por el gigante Zipacná, hijo de Vucub–Caquix, demonio del inframundo (cap. 5, p. 34; cap. 7, p. 39; cap. 8, p. 44). Zipacná, arrogante y pendenciero, llevaba las montañas a sus espaldas durante el período nocturno (cap. 8, p. 42) para que no fueran movidas o destruidas por su hermano Cabracán, que en quiché significa precisamente *terremoto*. En una de sus múltiples disputas, Zipacná fue derrotado y convertido en piedra (cap. 8, p. 44).

Según el *Corán* las montañas fueron *plantadas* por Dios como si fuesen jaimas sobre una tierra extendida a modo de tapiz o alfombra (LXXIX, 30,



Fig. 1. Representación maya de la muerte de Zipacná.

LXXXVIII, 19–20), de donde parece derivar la idea de una *Tierra plana*; hay por otro lado en el Corán una doble visión teleológica: las montañas han sido dispuestas como estacas para darle firmeza a la Tierra y evitar así que se mueva o tiemble con los hombres (xvi, 15, xxi, 32, xxxi, 9 [10], LXXVIII, 7, LXXXVIII, 19), y, al mismo tiempo, se han levantado para beneficio del ser humano y de sus rebaños (LXXIX, 32–33).

Por otro lado, en la literatura mítica popular se establece una relación de las montañas con personajes de gran envergadura, los *gigantes*, de los que hablan numerosas y muy diversas tradiciones culturales. De alguna manera, el origen de los montes se asociaba a la propia existencia de estos seres gigantes que habrían sido los primeros habitantes de la Tierra, o a la transformación de las estructuras corporales de algunos héroes mitológicos. Según la tradición germánica, por ejemplo, los gigantes *estropearon* la primitiva superficie terrestre al caminar groseramente sobre ella, recién creada, lisa y blanda, dejando por doquier sus enormes huellas que no son otra cosa que las montañas y los valles. Esos mismos gigantes sólo se movían en la oscuridad de la noche, y los que no llegaban a ocultarse de la luz del sol en las primeras horas del día se convertían en piedra. Así se explicaba, por ejemplo, el origen de las Karkonosze o Riesengebirge (literalmente *Montañas Gigantes*) entre Polonia y Chequia, en la cadena montañosa de los Sudetes, o del conjunto volcánico de las Siebengebirge (o *Siete Montañas*, aunque en realidad son unas cuarenta), que serían restos de los materiales excavados por gigantes para formar una fosa o depresión existente en la cuenca del Rin. En otras ocasiones, era el cuerpo de un gigante al morir quien se transformaba, como Ymir, el primer ser antropomórfico, cuyo cuerpo dio lugar a la tierra y sus huesos a las montañas (Eliade y Couliano, 1991, p. 168; Rossman, 2005, pp. 6–7), o el ejemplo de Zipacná comentado anteriormente.

La mitología nórdica comparte la *labor* de los gigantes en la etiología de las irregularidades del

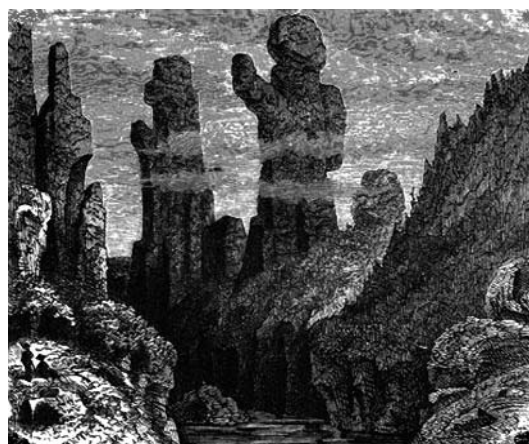


Fig. 2. Dibujo alegórico al origen mitológico de algunas rocas en las Karkonosze o Riesengebirge (Cadena de los Sudetes).



Fig. 3. El «sombrero» de Sømna (Torghatten, Noruega).



Fig. 4. «Huella» del caballo de Odín (Depresión de Ásbyrgi, Islandia).

paisaje. En el municipio noruego de Brønnøy existe una curiosa montaña con forma de sombrero conocida como Torghatten, que está atravesada por un enorme agujero. Según la leyenda, el gigante Hestmannen, al no poder capturar en su persecución a la hermosa Lekamøya, disparó una flecha que interceptó el también gigante Sømna lanzando su sombrero; al caer al suelo, el sombrero se transformó en la montaña con el agujero abierto por la flecha. Al sureste de Suecia, en la costa del condado de Blekinge, existen algunos peñascos montañosos que forman un conjunto de islas e islotes, y que según la tradición son piedras arrojadas por un gigante, tal como recoge Selma Lagerlöf en la extraordinaria historia de Nils Holgersson, en 1906. La gran depresión de Ásbyrgi, situada en el Parque Nacional Jökulsárgljúfur, al norte de Islandia, tiene forma de *herradura*, y no es otra cosa que la *huella* de Sleipner, el mítico caballo de Odín.

Por otro lado, la cordillera del Atlas lleva este nombre porque según la mitología griega se trata precisamente de este titán, hijo de Jápeto, convertido en piedra por rebelarse contra los dioses del Olimpo. Y según el folclore inuit, la lucha entre los *tuniqs*, seres gigantescos y temibles, modeló la Tierra mediante sus golpes dando lugar a las montañas y a los valles. También en la cultura mesoamericana, una princesa azteca y su amante fueron convertidos por los dioses en montañas sagradas, Iztacihuatl y Popocatepetl, respectivamente, tras su

suicidio por amor (Glockner, 1996). Algunas veces las mitologías relacionan el origen de las montañas con animales sobrenaturales como, por ejemplo, el pueblo africano *Fon* de Benin, para quien Aido Hwedo, una especie de serpiente alada o dragón, había colaborado en la creación del universo formando las montañas con sus excrementos, y era también la responsable de los terremotos (Littleton, 2002, pp. 627–630); en otros casos, las montañas surgen de las entrañas de la tierra *milagrosamente*, como el volcán Fuji, en Japón...

Entre la tradición hexameral y el literalismo bíblico

El papel que jugó la Teología en las primeras interpretaciones sobre la naturaleza fue extremadamente relevante si tenemos en cuenta que la filosofía natural estaba subordinada a ella. Pero al mismo tiempo esta relación también estuvo, en cierto modo, cargada de contradicciones (Harrison, 2006), puesto que cada vez eran mayores los retos procedentes de la observación directa en el *Libro de la Naturaleza*, y que ponían en entredicho los textos sagrados. Los teólogos naturales de siglos precedentes aplicaban su idea del diseño y de las causas finales, a juicio de Glacken (1967, p. 350), con un diferente grado de *entusiasmo* a los problemas más inmediatos. Esto se vio reflejado en la ausencia de un consenso claro en relación con el origen de las montañas. Mientras que para unos autores habían sido creadas desde el principio, en el Tercer Día según el relato hexameral, para otros, siguiendo también el texto mosaico, el Diluvio había contribuido a su configuración definitiva; lo que para unos eran imperfecciones del Plan Divino sometidas a fuerzas mundanas que provocaban su decadencia, otros veían en ellas auténticas maravillas, lugares privilegiados donde la denudación era considerada como un mecanismo beneficioso puesto que restauraba la antigua regularidad de la Creación, cuando no una falacia del ateísmo. Como consecuencia de esta disputa, las montañas se convirtieron en una pieza clave de los presupuestos teleológicos a favor de una Tierra diseñada como habitáculo de la humanidad.

Esta línea etiológica de *tradición textual* o *literalismo bíblico*, referido en especial al Hexamerón de Moisés, ha estado siempre relacionado con el desarrollo de las llamadas *Teorías de la Tierra* a partir del s. XVII (Magruder, 2000). En el plano epistemológico, dicha corriente se traduciría en uno de los obstáculos más importantes que ha soportado la ciencia geológica durante siglos, el *permanentismo* o *inmutabilidad* del planeta, inexorablemente unido a otro obstáculo sustantivo: la idea de una *Tierra joven*, de apenas seis mil años. Algo parecido ocurrió también entre la mayoría de los intelectuales musulmanes, que intentaban mitigar el conflicto entre racionalidad y revelación para armonizar la religión con la filosofía (Mahdi, 2000), aunque la filosofía natural en cierto sentido quedó *liberalizada* por el Islam.

En el ámbito cristiano, el *clímax* imaginativo se lo debemos al Rvdo. Thomas Burnet (1635?–1715): en su *Telluris Theoria Sacra*, cuya primera edición latina data de 1681, sostenía que, antes del diluvio, la Tierra era llana y lisa, y carecía de montañas. Como consecuencia del diluvio, se produjo el hundimiento catastrófico del *arco de la primera tierra* sobre el *abismo*. Esto provocó la expulsión de suficiente material que allí se encontraba dando lugar a una superficie totalmente irregular formada por montañas y valles (Burnet, 1681, 1684, Lib. I, caps. iv y xi). Las ideas de Burnet eran totalmente hostiles a la existencia de las montañas, tanto desde un punto de vista estético como de su utilidad, y tuvieron una doble consecuencia: por un lado, despertaron un interés muy especial por el paisaje montañoso (Ogden, 1947), y por otro, puesto que dejaban malparado al *Gran Geómetra* del universo, provocaron un agrio debate incluso entre los teólogos naturales. John Keill (1671–1721), por ejemplo, se preguntaba cómo un ignorante en *Geometría* era capaz de escribir un libro sobre *Filosofía Natural* (Keill, 1698, p. 26). También fueron discutidas a través de una relación epistolar por Isaac Newton (1642–1727), que defendía un origen de las montañas a consecuencia de la contracción del planeta por desecación a partir de un caos acuoso (Brewster, 1855, pp. 447–454; Turnbull, 1960, pp. 319 y 321–335; García Cruz, 2005).

Otros autores contemplaban posibilidades bien distintas. El Rvdo. John Ray (1627–1705), uno de los primeros y más influyentes teólogos naturales, publicó en 1691 una obra sobre la *sabiduría divina* y el diseño inteligente que *se manifestaba en un orden social emanado de la Creación*, y que tendría una gran repercusión. Frente a la idea de las montañas como *verrugas*, *excrecencias superfluas*, *desperdicios* o *ruinas*, Ray analizaba en esta obra, desde un prisma teleológico, una serie de efectos positivos en tanto que los montes eran *necesarios*, *beneficiosos* y de *gran utilidad*; y entre estos efectos destacaba ser origen de manantiales y ríos así como de la lluvia fruto de la condensación que se produce en sus laderas, su accesibilidad para los yacimientos minerales, la protección para la población contra los vientos fríos, su gran variedad de suelos aptos para los cultivos, y, en un plano más bien estético, su carácter decorativo y como atalaya para la contemplación de la belleza de las tierras adyacentes más bajas (Ray, 1691, pp. 215–220; Davies, 1969, p. 112; Gillespie, 1987). Un año después publicaría sus *tres disertaciones físico-teológicas* que trataban del caos primitivo y la creación del mundo, del diluvio, sus causas y sus efectos, y de la conflagración final (Ray, 1692). En la *Primera Disertación*, Ray sostenía que Dios creó el Globo Terráqueo a partir del caos, sin forma y vacío (cap. II, p. 5) y que posteriormente separó el agua de la tierra y surgieron así las montañas (cap. II, p. 7); pero no podía determinar si esto ocurrió directamente por el poder de Dios o por *segundas causas*, como los terremotos, que tendrían su origen en los fuegos y gases subterráneos, y que provocaban el hundimiento de los valles y la eleva-

ción de las montañas (cap. III, p. 10). John Ray es un teólogo natural *singular*, porque además de hacer referencia a la Biblia (Génesis 1, 2 y 9; Salmos 104, 6 y 9), cita también a autores profanos como Ovidio (*Metamorfosis*, Libro I.5), y Estrabón (63 a.C.–19 d.C.) (*Geografía*, Libro I), y asimismo se basa en la observación directa: comparando las grandes cosas con las pequeñas, y en relación con



Fig. 5. Thomas Burnet (1635?–1715).

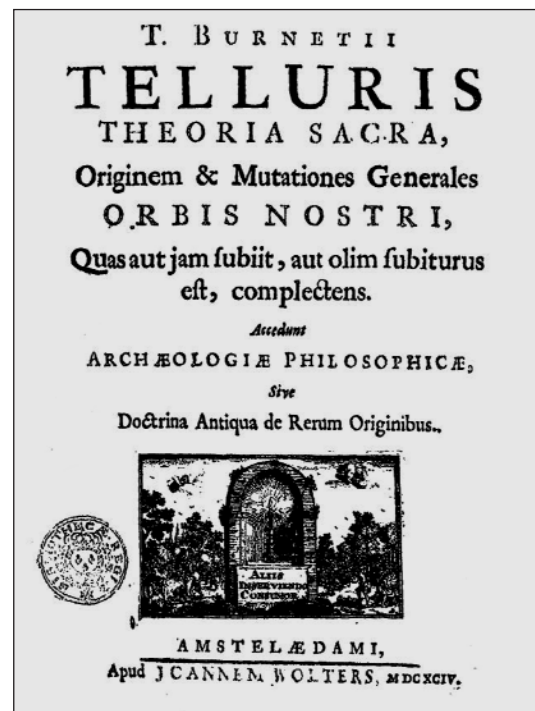


Fig. 6. Primera página de *Telluris Theoria Sacra* de T. Burnet (ed. 1694).



Fig. 7. John Ray (1627–1705).

la elevación del terrero que se produjo cerca del puerto de Puteoli, en el golfo de Nápoles, como consecuencia del terremoto del 29 de septiembre de 1538, Ray se preguntaba por qué las montañas más altas no pudieron ser levantadas por el fuego subterráneo en cantidad y fuerza suficientes para causar tal efecto (cap. III, p. 12).

Otro personaje notable fue William Whiston (1667–1752), autor de *A new theory of the earth, from its original, to the consummation of all things*, aparecida en Londres en 1696. Se trata de una teoría hexameral en la que se copia o reinterpreta de forma parecida algunas de las figuras de Burnet, e incorpora la mecánica celeste de Newton y la teoría cometaria del astrónomo y matemático británico Edmund Halley (1656–1742)⁴. En una larga introducción, Whiston empieza criticando las interpretaciones erróneas del relato mosaico que habían conducido a grandes contradicciones (Whiston, 1696, 'Introductory Discourse', p. 1), puesto que el Génesis no era un *relato sutil y filosófico* del origen de todo, sino la *representación histórica y verdadera* de la formación de la Tierra a partir del caos (p. 3); esta introducción finaliza

con tres postulados básicos que expresan la tradición escritural, y, en resumen, sostienen que en el sentido *obvio* o *literal* de las Escrituras está la verdad, y por lo tanto no es posible aportar *evidencias razonables* en sentido contrario, ni adscribir a un Poder Milagroso lo que tan claramente se relata de forma natural; consecuentemente hay que admitir como verdad lo que la Tradición Antigua defiende sobre la constitución de la naturaleza y el estado primitivo del mundo, puesto que están de acuerdo con la Escritura, con la Razón y con la Filosofía (p. 95).

Las ideas sobre la literalidad de las Sagradas Escrituras también las encontramos en algunos textos profanos poéticos que hacían hincapié en la veracidad del relato mosaico, intentando armonizar la realidad con la Biblia. Éste es el caso, por ejemplo, de John Milton (1608–1674), a pesar de ser uno de los autores del Renacimiento británico más influidos por el metafórico *Libro de la Naturaleza* (Norwick, 2006, vol. II, cap. 9). En *El paraíso perdido*, Milton relata las maravillas reveladas por el *Divino Intérprete*, entre ellas, que tras juntar Dios las aguas en un solo lugar, «...de improviso, las montañas enormes, desprendidas de las olas, se elevaran...» hasta alcanzar el cielo (Libro VII, p. 124).

Se han señalado algunas objeciones que se llegaron a plantear precisamente a lo largo del s. XVII en contra de la antigüedad de las montañas (Davies, 1969, pp. 35–37). La más importante, sin duda, proviene de la idea de *denudación*, cuya realidad había sido aceptada por la gran mayoría de los naturalistas desde el siglo anterior, destacando la interpretación que aportó Leonardo da Vinci (1452–1519) sobre la acción del agua (Da Vinci, 1508b, pp. 171–178), así como Nicolaus Steno (1638–1686) más de ciento cincuenta años después (Steno, 1669, pp. 168–171 [p. 261]⁵). William Shakespeare (1564–1616) introduce esta idea en la Segunda Parte de su drama histórico *Enrique IV*, publicado en 1598, en el que, en un diálogo con el conde de Warwick, pone en boca del rey: «¡Oh Dios, si se pudiese leer el libro del Destino y ver las revoluciones de los tiempos, unas veces allanar las montañas y disolver en el mar el continente (fatigado de su sólida firmeza)...!» (Acto III, escena 1ª, p. 105).

No era posible entender que la topografía tuviese un origen divino y al mismo tiempo aceptar su descomposición mediante agentes mundanos, a no ser que tales estructuras no hubieran sido fruto del Diseño Inteligente y fuesen realmente *anomalías*, *irregularidades* e *imperfecciones* de la superficie terrestre. Sin embargo, es paradójico y contradictorio que se atribuyesen dichos calificativos a unas estructuras íntimamente ligadas, según la Biblia, por un lado a las teofanías (Puche Riart, 2001), y

(4) Sobre estas ideas ironizó su contemporáneo el escritor irlandés Jonathan Swift (1667–1745) en su obra *Viajes de Gulliver* (3ª Parte, cap. II, pp. 212–213).

(5) La paginación entre corchetes de la obra de Steno remite a la traducción castellana del profesor Leandro Sequeiros citada en la bibliografía.

por otro a una serie de acontecimientos de gran trascendencia para la tradición judeo-cristiana, desde el Monte Sinaí (Horeb), del Antiguo Testamento, al Monte de los Olivos, en el Nuevo Testamento, pasando por la montaña del *Sermón*, los montes Basán, Calvario, Ebal, Garizim, Hor, Mambré, Nebo y Sión, sin olvidar tampoco nombres como Ararat, Carmelo, Tabor... Las montañas, por lo tanto, deberían haber tenido para los exegetas cristianos del relato bíblico mucho mayor peso debido a su relación con la divinidad, quizás incluso haberles dado *desde siempre* el carácter de *sagradas* como lo son en otras culturas⁶.

Este tipo de incoherencias condujo a otras opiniones aún más especulativas: la estructura, configuración y distribución de las cadenas montañosas habían quedado establecidas definitivamente por el diluvio bíblico, único *agente* que pudo modificar el plan divino de la Creación, y que a su vez formaba parte de otro plan de intervención de Dios en la historia natural y humana (Young, 1987a). Uno de los principales autores de esta corriente de pensamiento fue John Woodward (1665–1728), que publicaría un ensayo sobre la historia natural de la Tierra haciendo hincapié en los efectos que había producido el diluvio sobre ella (Woodward, 1695, partes II y VI). Para los diluvistas, las montañas ya existían antes del diluvio, puesto que sus aguas cubrieron los montes más altos (Génesis 7, 19–20). La sedimentación tras la gran inundación, y la retirada paulatina del agua (Génesis 8, 5), habían dejado al descubierto las actuales montañas como parte importante de la fisiografía del globo. El argumento más evidente a favor de este *hecho* hay que entenderlo bajo el prisma de la cohabitación de dos filosofías antagónicas que han actuado cada una en su contexto como obstáculos epistemológicos. Nos referimos al catastrofismo y al actualismo-uniformitarismo: la existencia en la cima de las montañas de restos de organismos marinos sólo era posible (visión actualista) si las montañas habían quedado cubiertas en el pasado como consecuencia de una gran inundación, tipo diluvio universal (interpretación catastrofista).

El único planteamiento sobre la disposición y orientación de las montañas que se hizo la gran mayoría de los pensadores, incluyendo aquí a los teólogos naturales, bajo la influencia de la alquimia, estaba relacionado con la causalidad de unas estructuras que actuaban como *alambiques* para la recogida de las aguas en beneficio de la humanidad, y que al mismo tiempo permitía explicar la distribución de los ríos y los lagos, ideas que habían sido propuestas por el jesuita alemán Athanasius Kircher (1601–1680), y más tarde por Edmund Halley. En última instancia los montes formaban parte, directa o indirectamente, del Diseño Inteligente, y bastaba con ajustarlas al arco teleológico de la filosofía imperante. La Física Sagrada queda, pues, totalmente

fuera de la tradición racionalista heredada de la cultura griega, puesto que sus discusiones críticas no iban en la dirección de la búsqueda de la verdad, sino hacia una confirmación de las Escrituras (Collier, 1934, pp. 234–241).

La osamenta del organismo terrestre

En ciertos períodos de la historia del conocimiento esta idea del *diseño* cohabitaría en el mismo marco con una *visión organicista* de la Tierra, que Capel (1980) considera como un verdadero obstáculo epistemológico porque impedía una auténtica reflexión científica. De antiguas raíces greco-latinas, el organicismo contemplaba las montañas como una especie de *sistema esquelético* u *osamenta pétrea* del planeta.

Leonardo da Vinci había expresado una opinión como ésta a principios del s. XVI en sus *Cuadernos*, donde consideraba a las *rocas*, que forman las montañas, los *huesos* de la Tierra (Da Vinci, 1508b, p. 171; Richter, 1888, vol. II, p. 1000), pero al mismo tiempo se mostraba bastante racionalista para buena parte de sus otros planteamientos geológicos. Leonardo recoge además algunas ideas citadas anteriormente bajo la influencia probable del libro de Jonás: «Ninguna profundidad del mar es tan baja como la de los más altos montes que tienen su base en él» (Da Vinci, 1508a, p. 201).

Dentro de las conjeturas que veían la Tierra como un organismo, se suele reconocer como máximo exponente a Athanasius Kircher y su *Mundus subterraneus*, cuya primera edición data de 1665 (Sequeiros, 2000, 2001a,b; Sequeiros y Pedrinaci, 1999; Sierra Valentí, 1981). Para el jesuita alemán, el origen de las montañas hay que buscarlo en la *metamorfosis* de la Tierra, y pueden ser absorbidas a través de grietas o nacer súbitamente allí donde antes no existían. En cualquier caso, no poseen una distribución casual y desordenada en la naturaleza, sino que las protuberancias superficiales del Orbe Terrestre forman parte de un agudo plan de la Providencia Divina: son en realidad inmensas reservas de agua (*aquarum penaria*), de donde nacen los ríos, las fuentes y los lagos, y al mismo tiempo, en las entrañas de los altísimos montes se distribuyen también varias cavidades llenas de fuego (*ignis receptacula*) (Kircher, 1665, tomo I, libro II, cap. X, p. 70, y cap. XI, p. 75). En el Geocosmos kircheriano, los montes se encuentran relacionados por lo tanto con su idea de los *hidrofilacios* y *pirofilacios*. También, y siguiendo el plan divino, considera que las montañas le dan consistencia a todo el geocosmos a modo de *subestructura esquelética* (Kircher, 1665, tomo II, libro VIII, cap. II, p. 5), y en dos ocasiones aplica a los montes Apeninos la idea de que constituyen una especie de *espinas dorsales* en medio de Italia (Kircher, 1665, tomo I, libro II, cap. IX, p. 68, y cap. X, p. 71).

(6) El carácter sagrado de las montañas, por ejemplo, en una cultura próxima a la hebrea como fue la hitita lo podemos encontrar en un excelente estudio de González Salazar (1998).

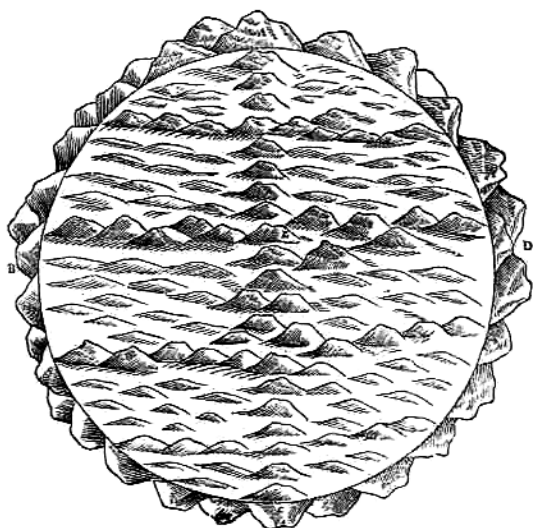


Fig. 8. Distribución de las montañas según Athanasius Kircher (1665, tomo I, Libro ii, cap. ix, p. 69).

Esta concepción organicista la encontramos con posterioridad en otros autores, como en las obras del Rvdo. Thomas Robinson, Rector de Ousby (m. 1719), *The anatomy of the earth*, de 1694, y sobre todo en *New observations on the natural history of this world of matter, and this world of life*, publicado en 1696, donde las montañas constituyen el *esqueleto superficial* del planeta, y el fuego central representa la analogía del corazón y es el responsable de la ebullición de los manantiales y de la circulación del agua subterránea, en equivalencia al pulso y a la circulación sanguínea, respectivamente (Robinson, 1694, pp. 21–24; 1696, pp. 35–37 y 41–45). Ideas similares las expondría igualmente a principios del s. XVIII el sacerdote español Tomás Vicente Tosca (1651–1723), matemático y arquitecto, para quien las montañas habían sido creadas por la providencia y tenían la misma utilidad en la Tierra que el esqueleto en el cuerpo humano, enlazándose entre sí para dar «consistencia, firmeza y permanencia a la fábrica del globo terrestre...» (Tosca, 1707, p. 439), y algunos años más tarde el inglés William Hobbs of Weymouth en una obra sobre la *generación* y la *anatomía* de la Tierra (Hobbs, 1715; Porter, 1976). También Antonio Vallisneri (1661–1730), profesor de medicina en Padua, muy crítico con algunas teorías geológicas, hablaba de la *anatomía* del planeta y consideraba las montañas y los estratos como los *huesos* de la Tierra (Vallisneri, 1721, pp. 49 y 73–74). Finalizaremos esta sección con François Marie Arouet Voltaire (1694–1778), que tenía unas interesantes ideas sobre geología. Trató el tema de las montañas bajo unos principios teleológicos en dos de sus obras: *Dissertation sur les changements arrivés dans notre globe* (1746), y *Les singularités de la nature* (1768). A diferencia de Burnet y de otros autores, entre ellos algunos ilustrados de la época como Benoît de Maillet (1656–1738), para Voltaire, a pesar de estar considerado como uno de los grandes es-

cépticos de la historia del conocimiento, las montañas existían desde siempre puesto que habían sido creadas por Dios, al que denomina el *gran Ser*, y en ellas veía un *orden infinito* en todo el universo; al igual que Kircher en relación con las causas finales, creía que las cadenas montañosas eran «altos acueductos continuos que se abren en numerosos lugares, dejando a los ríos y a los brazos de mar, allí donde son necesarios, humedecer la tierra» (Voltaire, 1746, p. 574), y las consideraba «una pieza esencial de la máquina del mundo» que proporcionaban a la Tierra estabilidad «como los huesos a los cuadrúpedos y a los bípedos» (Voltaire, 1768, p. 235).

La filosofía neptunista y la clasificación de las montañas

La tradición racionalista clásica había penetrado con fuerza en la cultura árabe, especialmente en lo que respecta a una visión evolutiva del mundo físico y biológico. Esta tradición se hace patente en el grupo de pensadores conocido como *Ikhwan al-Safa* o *Hermanos de la Pureza*, establecido en Basora hacia el año 983 d.C. (367 A.H.), y que desarrollaría una actividad intelectual bastante avanzada y liberalizadora; sus enseñanzas tuvieron gran difusión como consecuencia de la expansión del Islam. Muchas de sus ideas sobre el funcionamiento del planeta se adelantan en casi ocho siglos a la filosofía geológica de Henri Gautier (1660–1737) y James Hutton (1726–1797) (Duhem, 1958, pp. 253–268; Ellenberger, 1988, pp. 72–75; Bausani, 1978), y tuvieron cierta repercusión en el desarrollo del pensamiento europeo. Para los *Hermanos*, existía una alternancia entre el ambiente acuático y el terrestre a lo largo de ciclos de treinta y seis mil años. En cada uno de estos períodos, los materiales erosionados y transportados desde los continentes hacia el mar se depositaban en diferentes capas o estratos, con el consiguiente desalojo de las masas de agua, originándose así la emersión de las montañas. Esta visión de corte neptunista, heredera asimismo de las ideas defendidas por Aristóteles (384–322 a.C.), Estrabón y Plinio el Viejo (23–79 d.C.), sería reproducida siglos después por otros pensadores.

El neptunismo, en su versión *moderna*, postulaba que todos los materiales de la corteza terrestre procedían de la cristalización a partir de un mar universal, tanto minerales como rocas y estratos, y consecuentemente las estructuras asociadas como son las montañas, y constituye una de las bases del *Concordismo* (Young, 1987b). Suele reconocerse como máximo representante de esta filosofía geológica al alemán Abraham Gottlob Werner (1749–1817), considerado por Adams (1938, p. 209) el primer naturalista que elevó la geología al rango de *ciencia real*. En una pequeña obra (tan sólo veintiocho páginas) de 1777 sobre la *clasificación y descripción de la diversa naturaleza de las montañas*, publicada diez años más tarde, Werner defendía la idea de un océano universal del cual se habían levantado los montes, y por cristalización



Fig. 9. Abraham Gottlob Werner (1749–1817).



Fig. 10. Portada de la *Kurze Klassifikation* de A.G. Werner (1787).

fueron apareciendo las rocas de las montañas primitivas en una secuencia cronológica, desde el granito, como la más antigua, hasta los esquistos silíceos, más modernos (Werner, 1787; Adams, 1938, pp. 209–227).

Durante el s. xvii se propicia una clasificación de las montañas que perduraría, con ciertas modifi-

caciones, a lo largo de más de cien años y que en su gran mayoría se fundamentan en el neptunismo (Adams, 1938, pp. 368–381; Albritton, 1980, cap. 6; Gohau, 1979, 1983, 1990, pp. 174–176, 2003, cap. 2; Meunier, 1911, cap. iv; Oldroyd, 1996, pp. 74–85).

A pesar de que el filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) está considerado como uno de los principales neptunistas, en el manuscrito de su *Protogaea* (ca. 1690–91) había dejado establecido que las montañas eran fruto de la distribución de los materiales de la corteza terrestre como consecuencia de su *contracción por enfriamiento* (Leibniz, 1749, iv). Este autor sugería la existencia de «tres pisos de tierra»: las cumbres de las altas montañas (*summa montium juga*), las colinas medianas (*colles medios*), y las tierras bajas del litoral (*tractus imos litorales*) (Leibniz, 1749, xxi). Un año antes de la primera edición de la *Protogaea*, apareció una obra anónima que llevaba el extraño título *Telliamed, ou Entretiens d'un philosophe indien avec une missionnaire françois sur la diminution de la mer...* Su autor, el diplomático francés Benoît de Maillet, buen conocedor de la geología de toda la cuenca mediterránea, había realizado una serie de consideraciones sobre la formación de las montañas en esta obra publicada en 1748, diez años después de su muerte, pero que circuló de forma privada por muchos ambientes intelectuales europeos durante las primeras décadas del s. xviii. De profundas raíces neptunistas, Maillet dividía las montañas en dos grandes grupos: *primitivas* o *primarias*, que se originaban en el fondo del mar por medio de las corrientes marinas, y tras una sedimentación uniforme emergían como consecuencia de la retirada de las aguas por evaporación; estas montañas primarias constituirían los actuales núcleos centrales de las cordilleras. Un segundo grupo, que denominaba montañas *secundarias*, se formaban por los materiales erosionados y transportados a partir de las anteriores que tras su emersión quedaban sujetas a la acción del oleaje, y recurría a tormentas ocasionales para explicar la perturbación de los estratos (Maillet, 1748, '1^e Entretien'; Albritton, 1980, pp. 68–77; García Cruz, 1997).

Asimismo, Anton Lazzaro Moro realizó, en 1740, una clasificación de las montañas en *primarias* (*primordiales* o *primitivas*), caracterizadas por ser muy altas, con los estratos inclinados o verticales, y ricas en minerales; y montañas *secundarias*, más bajas, donde los estratos se disponían horizontalmente, y estaban poco mineralizadas; posteriormente se añadirían las montañas *terciarias* (Moro, 1740, pp. 262–263). Otros autores relevantes en el campo del pensamiento geológico como Johann Gottlob Lehmann (1719–1767) y Giovanni Arduino (1714–1795), en 1756 y 1760, respectivamente, también contribuirían a la concreción de la clasificación de las montañas (Lehmann, 1756; Arduino, 1760; Adams, 1938, pp. 373–374; Ellenberger, 1994, pp. 246–273; Vaccari, 1999, 2006). Arduino, de sólida filosofía vulcanista y enfrentado por ello con Werner, elaboró una teoría litoestratigráfica a

partir de sus conocimientos sobre minería en la que proponía como causa del origen de las montañas, el fuego o el agua, según los casos, y distinguía los siguientes *órdenes* o unidades:

1.1. ROCA BASE PRIMITIVA (*roccia primigenia*), formada por esquistos cristalinos, y cuyo origen estaba en el enfriamiento de la superficie original de la Tierra.

1.2. MONTAÑAS PRIMARIAS O MINERALES (*monti primari o minerali*), constituidas por granito, pórfidos, rocas cristalinas con minerales, areniscas, y conglomerados sin fósiles; podían tener dos orígenes: el volcanismo y la erosión por el viento y el agua.

2. MONTAÑAS SECUNDARIAS (*monti secondari*), ricas en mármoles y calizas estratificadas con fósiles, pero sin minerales, originadas por sedimentación marina y por ciertas modificaciones debidas a una reactivación del volcanismo.

3. MONTAÑAS TERCIARIAS O COLINAS (*monti terziari o colline*), formadas por grava, arcilla, arena fosilífera y materiales volcánicos, causadas por sedimentación marina y por el volcanismo.

4. LLANURAS (*pianure*), constituidas por depósitos aluviales ocasionalmente estratificados, debidos a la erosión de la lluvia y los ríos.

Naturalistas como Peter Simon Pallas (1741–1811) y Horace-Benedict de Saussure (1740–1799), aceptarían dicha clasificación, aunque a finales de ese mismo siglo sería discutida su realidad.

La filosofía neptunista de Werner y su escuela de Friburgo tuvieron una enorme influencia en numerosos naturalistas en las décadas siguientes, entre ellos Alexander von Humboldt (1769–1859) y, también inicialmente, sobre Leopold von Buch (1774–1853), y además repercutieron en la geología española desde los primeros años del s. XIX (Herrgen, 1802). Sentaron las bases de una interesante controversia científica con la corriente plutonista li-

derada por el escocés James Hutton (1726–1797), a partir de la cual comienza una nueva andadura para la ciencia geológica.

EPÍLOGO

Casi todas las ideas que se han expuesto a lo largo de este artículo, desde los mitos hasta los pensamientos organicistas, pasando por el literalismo bíblico, caen fuera de la racionalidad de la ciencia tal y como ha sido expresada con anterioridad. Tan sólo algunas propuestas del neptunismo, especialmente la clasificación de las montañas de Arduino y las aportaciones de la Escuela de Werner, se alejan de las causas extraordinarias y de los seres sobrenaturales, aunque como veremos en la segunda parte de este trabajo, su poder explicativo fue cediendo paso al plutonismo y a los procesos tectónicos, pero nunca desaparecieron totalmente. Sin embargo, este carácter irracional no significa que puedan ser calificadas de *ridículas*, puesto que hay que entenderlas con una perspectiva crítica pero siempre dentro del nivel de desarrollo del pensamiento de cada época. En caso contrario, nos veríamos abocados a un anacronismo historiográfico. No se debe perder de vista que el pensamiento racional, que de hecho, y en el ámbito de nuestros orígenes culturales, había surgido en Mesopotamia, Persia, e India, fue heredado y reelaborado por las civilizaciones mediterráneas de Egipto, Grecia y Roma, y más tarde pasaría también a los árabes y con ellos al resto del continente europeo durante la Alta Edad Media. Pero este pensamiento racional, que está en la base del desarrollo y de la evolución intelectual del mundo occidental, y dentro de éste en los procesos de modernización de la ciencia, estuvo *desplazado* durante siglos por la *autoridad* de los Antiguos y por el *poder hegemónico* de la Iglesia sobre la cultura, de una manera tal que la literalidad textual tenía más valor que el Libro de la Naturaleza; actuaron así, particularmente para la ciencia geológica, como sendos obstáculos epistemológicos, a los que hay que sumar los ya citados del permanentismo, la idea de una Tierra joven, y el organicismo.

Dejaremos para la segunda parte de este trabajo aquellas ideas que suponen una activa preocupación por entender el planeta en su conjunto desde el punto de vista de las *causas naturales* y de las *tectónicas globales*.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, F.D. (1938). *The birth and development of the geological science*. Dover, Nueva York (ed. 1954), 506 pp.

Adúriz-Bravo, A. (2001a). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias*. Universidad Autónoma de Barcelona, Tesis doctoral, 622 pp.

Adúriz-Bravo, A. (2001b). La historia de la enseñanza de las ciencias naturales: reflexiones acerca de su emergencia como campo de problemas, a través de una revisión bibliográfica. *Revista de Educación*, 324, 365–375.



Fig. 11. Giovanni Arduino (1714–1795).

- Albritton, C.C., Jr. (1980). *The abyss of time*. Freeman, Cooper, San Francisco (Ca.), 251 pp.
- Armstrong, R.L. (1991). The persistent myth of continental growth. *Australian Journal of Earth Science*, 38, 613–630.
- Anónimo. *Poema de Gilgamesh*. Tecnos, Madrid (trad. castellana 1988), 185 pp.
- Anónimo. *Enuma elish*. Ed. Nacional, Madrid (trad. castellana 1981), 152 pp.
- Anónimo. *El Corán*. Plaza & Janés, Barcelona (trad. castellana 1980), 591 pp.
- Anónimo. *Popol Vuh. Las antiguas historias del Quiché?*. Fondo de Cultura Económica, México (trad. castellana 1947, 4ª ed. 1960), 185 pp.
- Arduino, G. (1760). Due lettere del Sig. Giovanni Arduino sopra varie sue osservazioni naturali. Al charis. Sig. Antonio Vallisnieri. *Nuova Raccolta d'Opuscoli Scientifici e Filologici*, 6, 99–180.
- Bacon, F. (1620). *Novum organum*. RBA, Madrid (trad. castellana 1984), 302 pp.
- Barber, E.W. y Barber, P.T. (2004). *When they severed earth from sky: How the human mind shape myth*. Princeton University Press, Princeton (N.J.), 290 pp.
- Bausani, A. (1978). *L'Enciclopedia dei Fratelli della Purità? Riassunto, con introduzione e breve commento dei 52 Trattati o Epistole degli Ikhwan al'Safa*. Istituto Universitario Orientale, Nápoles, 284 pp.
- Brewster, D. (1855). *Memoirs of the life, writings, and discoveries of Sir Isaac Newton*. T. Constable, Edimburgo, vol. 2, 434 pp. (Facsimile en: Johnson Reprint, Nueva York, 1965, y Readex Microprint, Nueva York, 1974).
- Burnet, T. (1681) *Telluris Theoria Sacra*. Kettilby, Londres, 306 pp. (Facsimile en: Readex Microprint, Nueva York, 1968). [Universidad Autónoma, Barcelona].
- Burnet, T. (1684). *The Theory of the Earth*. R. Norton, Londres, 327 pp. (1ª ed. inglesa; reedición en Southern Illinois University Press, Carbondale, 1965; y Readex Microprint, Nueva York, 1974). [Universidad Autónoma, Barcelona].
- Capel, H. (1980). Organicismo, fuego interior y terremotos en la ciencia española del siglo XVIII. *GeoCrítica*, 27-28, 1–95.
- Collier, K.B. (1934). *Cosmogonies of our fathers: Some theories of the Seventeenth and the Eighteenth Centuries*. Octagon, Nueva York (ed. 1968), 501 pp.
- Davies, G.L. (1969). *The earth in decay. A history of British geomorphology, 1578–1878*. Macdonald, Londres, 390 pp.
- Da Vinci, L. (1508a). *Cuadernos de notas*. Planeta-Agostini, Barcelona (trad. castellana 1995), 270 pp.
- Da Vinci, L. (1508b). *Cuadernos*. Parragon, Bath (trad. castellana 2006), 334 pp.
- Dickinson, W.R. (2003). The place and power of myth in geoscience: an associate editor's perspective. *American Journal of Science*, 303, 856–864.
- Duhem, P. (1958). *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Herman, París, tomo IX (reed. 1997), 442 pp.
- Eliade, M. (1963). *Mito y realidad*. Kairós, Barcelona (trad. castellana 1999), 217 pp.
- Eliade, M. y Couliano, I.P. (1991). *Diccionario de las religiones*. Paidós-Ibérica, Barcelona (trad. castellana 2007), 328 pp.
- Ellenberger, F. (1988). *Historia de la geología*. Vol. 1: *De la antigüedad al siglo XVII*. Labor-MEC, Barcelona (trad. castellana 1989), 282 pp.
- Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la Géologie*. Vol. 2: *La grande éclosion et ses prémices 1660-1810*. Technique et Documentation (Lavoisier), París, 383 pp.
- Estrabón. *Geografía*. Gredos, Madrid (trad. castellana 1991), vol. I (Lib. I–II), 559 pp.
- García Cruz, C.M. (1997). Benoît de Maillet y el transformismo geológico del siglo XVIII. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(1), 6–10.
- García Cruz, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 323–330.
- García Cruz, C.M. (1999). El Principio de Uniformidad (II). Un obstáculo epistemológico entre el pasado y el presente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7(1), 16–20.
- García Cruz, C.M. (2001). El actualismo-uniformitarismo como obstáculo epistemológico. *Cadernos IG/UNICAMP*, 9(1), 22–32.
- García Cruz, C.M. (2005). La correspondencia entre Isaac Newton y Thomas Burnet (1680–81) en relación con la *Telluris Theoria Sacra*. *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas*, 28(61), 29–57 [publicado en 2007].
- Gillespie, N.C. (1987). Natural history, natural theology, and social order: John Ray and the “Newtonian ideology”. *Journal of the History of Biology*, 20(1), 1–49.
- Glacken, C.J. (1967). *Huellas en la playa de Rodas*. El Serbal, Barcelona (trad. castellana 1997), 729 pp.
- Glockner, J. (1996). *Los volcanes sagrados. Mitos y rituales en el Popocatepetl y la Iztaccihuatl*. Grijalbo, México, 236 pp.
- Gohau, G. (1979). Du système du monde à l'histoire de la terre. *Travaux du Comité Français d'Histoire de la Géologie (COFRHIGEO)*, 1ª Sér., nº 19.
- Gohau, G. (1983). Idées anciennes sur la formation des montagnes. *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, Nouv. Sér., nº 7, 86 pp.
- Gohau, G. (1990). *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la géologie*. A. Michel, París, 420 pp.
- Gohau, G. (1995). Traquer les obstacles épistémologiques à travers les lapsus d'élèves et d'écrivains. *Aster*, 20 (Représentations et obstacles en géologie), pp. 21–41.
- Gohau, G. (2003). *Naissance de la géologie. La terre, des “théories” à l'histoire*. Vuibert-ADAPT, París, 124 pp.
- González Salazar, J.M. (1998). El simbolismo religioso de las elevaciones montañosas en el mundo hitita: su denominación e iconografía. *Ilu, Revista de Ciencias de las Religiones*, 3, 109–131.
- Gould, S.J. (1987). *La flecha del tiempo*. Alianza, Madrid (trad. castellana 1992), 232 pp.
- Hallam, A. (1983). *Grandes controversias geológicas*. Labor, Barcelona (trad. castellana 1985), 180 pp.
- Harrison, P. (2006). The role of Theology in early modern natural philosophy. En: P. Anstey y J. Schuster (eds.). *The science of nature in the Seventeenth Century. Patterns of change in early modern natural philosophy*. Springer, Dordrecht, pp. 165–183.

- Herrgen, C. (1802). *Descripción geognóstica de las rocas que componen la parte sólida del globo terrestre: extractada de varias obras alemanas de la escuela de Werner y aumentada con observaciones hechas en la península*. Imprenta Real, Madrid, 224 pp. [Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid].
- Hesíodo. *Teogonía*. Gredos, Madrid (trad. castellana 1990), 440 pp.
- Hobbs, W. (1715). The earth generated and anatomized. En: R. Porter (ed.) (1981). "The Earth generated and anatomized" by William Hobbs. An early eighteenth-century theory of the earth. British Museum (Natural History) [Historical Series, vol. 8]—Cornell University Press, Londres—Ithaca (N.Y.).
- Keill, J. (1698). *An examination of Dr Burnet's Theory of the Earth. Together with some remarks on Mr Whiston's New Theory of the Earth*. Print at the Theater, Oxford, 224 pp. [British Library, Londres].
- Kennedy, B.A. (2006). *Inventing the Earth*. Blackwell, Oxford, 160 pp.
- Kircher, A. (1665). *Mundus subterraneus*. J. Janssonius, Amsterdam, 2 tomos, 922 pp. [Bibliothèque Nationale de France, París. Existe facsímile (3ª ed. 1678) en: Arnaldo Forni, Bolonia (2004)].
- Klah, H. (1942). *Navajo creation myth*. AMS, Nueva York (ed. 1980), 237 pp.
- Krajick, K. (2005). Tracking myth to geological reality. *Science*, 310(5749), 762–764.
- Lagerlöf, S. (1906). *El maravilloso viaje de Nils Holgersson*. Akal, Madrid (trad. castellana 1986), 446 pp.
- Lehmann, J.G. (1756). *Versuch einer Geschichte von Flötz-Gebürge*. Klüterschen Buchhandlung, Berlín, 240 pp. [British Library, Londres].
- Leibniz, G.W. (1749). *Protogaea*. Presses Universitaires du Mirail, Toulouse (trad. francesa 1859, ed. bilingüe latín-francés 1993), 262 pp. [Existe trad. castellana en KRK, Oviedo (2006)].
- Levy, J.E. (1998). *In the beginning: The Navajo Genesis*. University of California Press, Berkeley (Ca.), 265 pp.
- Lillo Beviá, J. (1996). Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3(3), 149–153.
- Littleton, C.S. (ed.) (2002). *Mythology. The illustrated anthology of world myth and storytelling*. Thunder Bay, San Diego (Ca.), 688 pp.
- Magruder, K.V. (2000). *Theories of the Earth from Descartes to Cuvier: Natural order and historical contingency in a contested textual tradition*. Ph.D. Tesis, University of Oklahoma, Graduate College, 871 pp.
- Mahdi, M. (2000). The rational tradition in Islam. En: F. Daftary (ed.). *Intellectual traditions in Islam*. I.B. Tauris, Londres, 252 pp., cap. 4.
- Maillet, B. de (1748). *Telliamed, ou Entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire françois sur la diminution de la mer*. Pierre Gosse Jr., La Haya (ed. 1755), tomo I. [Biblioteca Nacional, Madrid]. [Existe trad. inglesa en University of Illinois Press, Urbana (1968)].
- Meunier, S. (1911). *L'évolution des théories géologiques*. F. Alcan, París, 364 pp. [Existe trad. castellana en: Librería Gutenberg de José Ruiz, Madrid (1911)].
- Milton, J. (1667–1674). *El paraíso perdido*. Espasa Calpe, Madrid (trad. castellana 1951, ed. 1997), 234 pp.
- Moro, A.L. (1740). *De crostacei e degli altri marini corpi che si truovano su'monti*. Stefano Monti, Venecia, 452 pp. [Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid].
- Müller, F.M. (ed.) (1882). *The Zend-Avesta* (part 2). En: *The Sacred Books of the East*. Vol. 23. Motilal Banarsidass, Dehli (trad. inglesa 1882, facsímile 1993), 384 pp. [Biblioteca Universitaria, La Laguna].
- Norwick, S.A. (2006). *The history of metaphors of nature: Science and literature from Homer to Al Gore*. Edwin Mellen, Lewinstone (N.Y.), 2 vols., 925 pp.
- Ogden, H.V.S. (1947). Thomas Burnet's *Telluris Theoria Sacra* and mountain scenery. *English Literary History*, 14(2), 139–150.
- Oldroyd, D. (1996). *Thinking about the Earth: A history of ideas in Geology*. Athlone, Londres, 410 pp.
- Ovidio. *Metamorfosis*. Alianza, Madrid (trad. castellana 1995, ed. 1998), 612 pp.
- Pedrinaci, E. (1993a). Concepciones acerca del origen de las rocas: una perspectiva histórica. *Investigación en la Escuela*, 19, 89–103.
- Pedrinaci, E. (1993b). Utilidad didáctica de la historia de la geología. *Educación abierta*, 105, 111–145.
- Pedrinaci, E. (1994). La historia de la geología como herramienta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(2–3), 332–339.
- Pedrinaci, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento geológico. En: F.J. Perales Palacios y P. Cañal de León (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil, Alcoy, pp. 479–503.
- Pedrinaci, E. (2001). *Los procesos geológicos internos*. Síntesis, Madrid, 222 pp.
- Piccardi, L. y Masse, W.B. (eds.) (2007). *Myth and Geology*. Geological Society of London, Special Publication, No. 273, 360 pp.
- Popper, K. (1963). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Paidós, Barcelona (trad. castellana 1991 de la 4ª ed. inglesa 1972), 513 pp.
- Porter, R. (1976). William Hobbs of Weymouth and his *The earth generated and anatomized* (?1715). *Journal of the Society for the Bibliography of Natural History*, 7, 333–341.
- Puche Riart, O. (2001). Las teofanías y la geomitología. *Proyección*, 202, 235–260.
- Ray, J. (1691). *The wisdom of God manifested in the works of the Creation*. Arno, Nueva York (facsímile 1977 de la 7ª ed. 1717), 405 pp.
- Ray, J. (1692). *Three physico-theological discourses*. Arno, Nueva York (facsímile 1978), 456 pp.
- Richter, J.P. (ed.) (1888). *The notebooks of Leonardo da Vinci*. Dover, Nueva York, 2 vols., 396+514 pp. (facsímile 1970).
- Robinson, T. (1694). *The anatomy of the earth*. J. Newton, Londres, 24 pp. [British Library, Londres].
- Robinson, T. (1696). *New observations on the natural history of this world of matter, and this world of life*. J. Newton, Londres, 222 pp. [British Library, Londres].
- Rossmann, D. (2005). *The northern path: Norse myths and legends retold –and what they reveal*. Seven Paws, Chapel Hill (N.C.), 252 pp.
- Sengör, A.M.C. (2001). *Is the present the key to the past or the past the key to the present? James Hutton and Adam Smith versus Abraham Gottlob Werner and Karl Marx interpreting history*. Geological Society of America, Special Paper N° 355.

- Sequeira Fernandes, A.C. (2005). Fósseis: Mitos e folclore. *Anuário do Instituto de Geociências*, 28(1), 101–115.
- Sequeiros, L. (2000). El geocosmos teológico del jesuita Athanasius Kircher (1601–1680). *Proyección*, 199, 281–300.
- Sequeiros, L. (2001a). *El Geocosmos de Athanasius Kircher: un encuentro con la filosofía y con la teología desde las ciencias de la naturaleza en el siglo XVII*. Facultad de Teología, Universidad de Granada, 115 pp.
- Sequeiros, L. (2001b). El Geocosmos de Athanasius Kircher: Una imagen organicista del mundo en las ciencias de la naturaleza en el siglo XVII. *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 24(51), 755–808.
- Sequeiros, L. y Anguita, F. (2003). Nuevos saberes y nuevos paradigmas en geología. Historia de las nuevas propuestas en las Ciencias de la Tierra en España entre 1978 y 2003. *Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 26, 279–307.
- Sequeiros, L. y Pedrinaci, E. (1999). De los volcanes de Kircher a la Gaia de Lovelock. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7(3), 187–193.
- Shakespeare, W. (1598). *La segunda parte del rey Enrique IV*. Espasa-Calpe, Madrid (trad. castellana 1929), 220 pp.
- Sierra Valentí, E. (1981). El Geocosmos de Kircher. Una cosmovisión científica del siglo XVII. *GeoCrítica*, 33/34, 1–81.
- Steno, N. (1669). *De solido intra solido naturaliter contento dissertationis prodromus*. En: G. Scherz (ed.) (1969). *Steno: Geological papers*. Odense University Press, Odense, pp. 133–234 (ed. bilingüe latín-inglés). [Existe trad. castellana de Leandro Sequeiros en: *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 10(3), 243–283 (2002)].
- Swift, J. (1726). *Viajes de Gulliver*. Círculo de Lectores-Galaxia Gutenberg, Barcelona (trad. castellana 2006), 413 pp.
- Tepper, J.H. (1999). Connecting geology, history, and the classics through a course in geomythology. *Journal of Geoscience Education*, 47(3), 221–226.
- Tosca, T.V. (1707). *Compendio Mathematico*. Imprenta de Joseph Garcia, Valencia (3ª ed. 1757), vol. VI [Biblioteca, Universidad de Barcelona].
- Turnbull, H.W. (1960). *The correspondence of Isaac Newton*. Cambridge University Press, Cambridge, vol. 2 (1676–1687), 568 pp.
- Vaccari, E. (1999). Giovanni Arduino e la “classificazione” dei monti nel Settecento. En: E. Curi (ed.). *Scienza, tecnica e pubblico bene nell’opera di Giovanni Arduino (1714–1795)*. [Actas del congreso celebrado en Verona, 9–10 febrero/1996]. Accademia di Agricoltura, Scienze e Lettere, Verona, 351 pp.
- Vaccari, E. (2006). The “classification” of mountains in eighteenth century Italy and the lithostratigraphic theory of Giovanni Arduino (1714–1795). En: G.B. Vai, W. Glenn y E. Caldwell (eds.). *The origins of geology in Italy*. Geological Society of America, Special Paper N° 411, cap. 10, pp. 157–178.
- Vallisneri, A. (1721). *De’ corpi marini che su’ monti si trovano, della loro origine, e dello estato del mondo davanti il diluvio, nel diluvio e dopo il diluvio*. D. Lovisa, Venecia, 254 pp. [British Libray, Londres].
- Vitaliano, D. (1968). Geomythology: the impact of geologic events on history and legend, with special reference to Atlantis. *Journal of the Folklore Institute*, 5(1), 5–30.
- Vitaliano, D. (1973). *Leyendas de la Tierra*. Salvat, Barcelona (trad. castellana 1994), 280 pp.
- Voltaire, J.M.A. (1746). *Dissertation sur les changements arrivés dans notre globe*. En: A.J.Q. Beuchot (ed.) (1830). *Œuvres de Voltaire*. Lefèvre, París, tomo XXXVIII (*Mélanges*, tomo II), pp. 565–581. [Bibliothèque National de France, París].
- Voltaire, J.M.A. (1768). *Les singularités de la nature*. En: A.J.Q. Beuchot (ed.) (1831). *Œuvres de Voltaire*. Lefèvre, París, tomo XLIV (*Mélanges*, tomo VIII), pp. 216–317. [Bibliothèque National de France, París].
- Werner, A.G. (1787). *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten (Short classification and description of the various rocks)*. Hafner, Nueva York [ed. bilingüe alemán (facsimile)–inglés, 1971], 194 pp.
- Whiston, W. (1696). *A new theory of the earth, from its original, to the consummation of all things*. Arno, Nueva York (facsimile 1978), 388 pp.
- White, A.D. (1896). *A history of the warfare of science with theology in Christendom*. Dover, Nueva York (ed. 1960), vol. 2, 474 pp.
- Woodward, J. (1695). *An essay towards a natural history of the earth*. Arno, Nueva York (facsimile 1978), 277 pp.
- Young, D.A. (1987a). Scripture in the hands of geologists (part one). *Westminster Theological Journal*, 49(1), 1–34.
- Young, D.A. (1987b). Scripture in the hands of geologists (part two). *Westminster Theological Journal*, 49(2), 257–304. ■

Fecha de recepción del original: 5 julio 2007.
Fecha de aceptación definitiva: 31 octubre 2007.